

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-202355

(43)公開日 平成5年(1993)8月10日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 9 K 11/06	Z	6917-4H		
C 0 8 G 61/00		8215-4J		
H 0 5 B 33/14				

審査請求 未請求 請求項の数4(全 9 頁)

(21)出願番号	特願平4-13756	(71)出願人	000002093 住友化学工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22)出願日	平成4年(1992)1月29日	(72)発明者	大西 敏博 茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式 会社内
		(72)発明者	野口 公信 茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式 会社内
		(72)発明者	土居 秀二 茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式 会社内
		(74)代理人	弁理士 諸石 光▲ひろ▼ (外1名)

(54)【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセンス素子

(57)【要約】

【目的】高分子発光材料を発光層とした低電圧駆動、高輝度の有機EL素子を提供する。

【構成】 発光層として下記式(1)

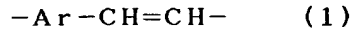
$$-Ar-CH=CH- \quad (1)$$

〔式中Arはビニレン基と連続した炭素-炭素共役結合を形成する芳香族基または複素環化合物基〕で表される少なくとも2種の繰り返し単位より構成される共役系共重合体を含み、該共役系共重合体を構成する繰り返し単位が、該繰り返し単位のそれぞれの単独重合体の光吸収端波長のエネルギーが最大のものと最小のものとの間に0.05eV以上の差を有するものの組合せからなるものを用いた有機エレクトロルミネッセンス素子。

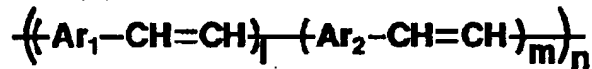
1

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一方が透明または半透明である1対の陽極および陰極からなる電極間に、少なくとも発光層を有する有機エレクトロルミネッセンス素子において、該発光層が下記式(1)



〔式中Arはビニレン基と連続した炭素-炭素共役結合を形成する芳香族基または複素環化合物基〕で表される少なくとも2種の繰り返し単位より構成される共役系共重合体を含み、該共役系共重合体を構成する繰り返し単位が、該繰り返し単位のそれぞれの単独重合体の光吸収端波長のエネルギーが最大のものと最小のものとの間に*



〔式中Ar₁、Ar₂はビニレン基と連続した炭素-炭素共役結合を形成する芳香族基または複素環化合物基で、且つAr₁およびAr₂の少なくとも一方が炭素数4以上のアルキル基、アルコキシ基およびアルキルチオ基、炭素数6以上のアリールオキシ基ならびに炭素数4以上の複素環化合物基から選ばれた少なくとも1種の置換基を少なくとも1個有する芳香族基または複素環化合物基であり、l、mは1以上の整数、nは1以上の整数、且つ(1+m)×nは3以上の整数、0.1<l/m<1.0である。〕で表される共重合体であることを特徴とする請求項1記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項4】該共役系共重合体が、化1においてl=m=1の交互共重合体である請求項3記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は有機エレクトロルミネッセンス素子(有機EL素子)に関する。詳しくは、共役系共重合体を発光材料に用いた有機EL素子に関する。

【0002】

【従来の技術】無機蛍光体を発光材料として用いた無機エレクトロルミネッセンス素子(無機EL素子)は、例えばバックライトとしての面状光源やフラットパネルディスプレイ等の表示装置に用いられているが発光させるのに高電圧の交流が必要であった。最近、Tangらは有機蛍光色素を発光層とし、これと電子写真の感光体等に用いられている有機電荷輸送化合物とを積層した二層構造を有する有機EL素子を作製し、低電圧駆動、高効率、高輝度の有機EL素子を実現させた(特開昭59-194393号公報)。有機EL素子は、無機EL素子に比べ、低電圧駆動、高輝度に加えて多数の色の発光が容易に得られるという特長があることから素子構造や有機蛍光色素、有機電荷輸送化合物について多くの試みが報告されている(ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・ア※50

2

*0.05eV以上の差を有するものの組合せからなることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項2】上記式(1)で表される該繰り返し単位の少なくとも1種が炭素数4以上のアルキル基、アルコキシ基およびアルキルチオ基、炭素数6以上のアリールオキシ基ならびに炭素数4以上の複素環化合物基から選ばれた少なくとも1種の置換基を少なくとも1個有する炭素-炭素共役結合を形成する芳香族基または複素環化合物基を有することを特徴とする請求項1記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項3】該共役系共重合体が下記化1、

【化1】

※アブライド・フィジックス(Jpn. J. Appl. Phys.)第27巻、L269頁(1988年)、[ジャーナル・オブ・アブライド・フィジックス(J. Appl. Phys.)第65巻、3610頁(1989年)]。これまでに、発光層としては、低分子量の有機蛍光色素が一般に用いられており、高分子量の発光材料としては、WO9013148号公開明細書、特開平3-126787号公報、アブライド・フィジックス・レターズ(Appl. Phys. Lett.)第58巻、1982頁(1991年)などで提案されているにすぎなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これまで報告されてきた高分子発光材料を用いた有機EL素子は駆動電圧が高く、輝度も必ずしも十分とはいえないものであった。高分子発光材料は熱的に安定であり、また塗布法により容易に均一性に優れた発光層を形成できることから、それらの長所を生かしながら、より駆動電圧が低く、高輝度である有機EL素子が要望されている。

【0004】本発明の目的は、高分子発光材料を発光層とした低電圧駆動、高輝度の有機EL素子を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、高分子発光材料を発光層として用いた有機EL素子の低電圧駆動、高輝度化を鋭意検討してきた。その結果、高分子発光材料として共役系共重合体を発光層として用いることにより低電圧駆動、高輝度の有機EL素子を実現されることを見出し、本発明に至った。

【0006】すなわち、本発明は、少なくとも一方が透明または半透明である一対の陽極および陰極からなる電極間に、少なくとも発光層を有する有機エレクトロルミネッセンス素子において、該発光層が下記式(1)



〔式中Arはビニレン基と連続した炭素-炭素共役結合

3

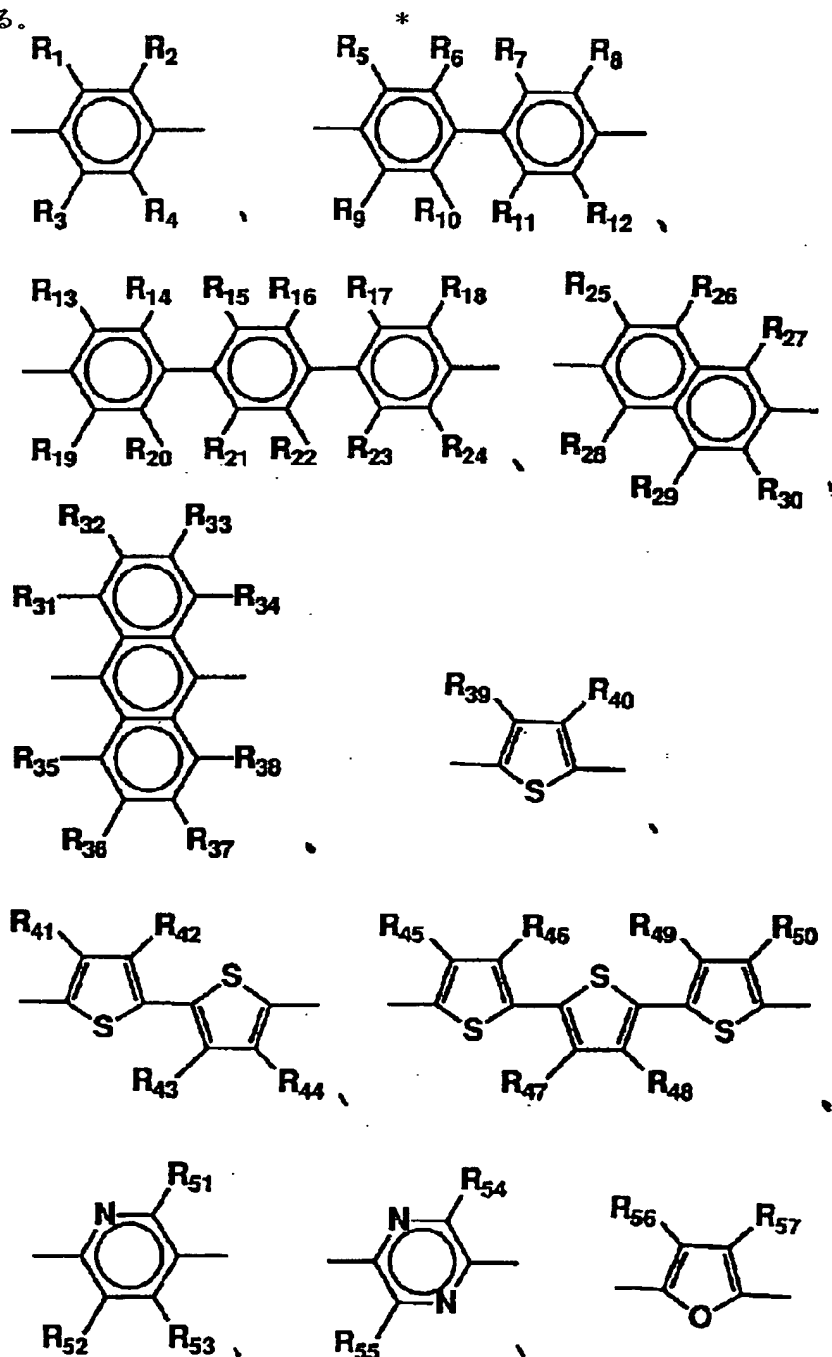
4

を形成する芳香族基または複素環化合物基)で表される少なくとも2種の繰り返し単位より構成される共役系共重合体を含み、該共役系共重合体を構成する繰り返し単位が、該繰り返し単位のそれぞれの単独重合体の光吸収端波長のエネルギーが最大のものと最小のものとの間に0.05 eV以上の差を有するものの組合せからなることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

*【0007】以下、本発明による有機EL素子について詳細に説明する。本発明に用いられる発光材料としての上記共役系共重合体は繰り返し単位が前記式(1)で表される少なくとも2種の繰り返し単位を有するものである。Arとしては、下記化2

【0008】

【化2】



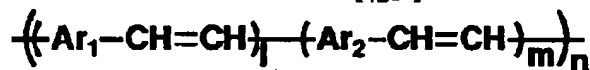
(R1 ~ R57はそれぞれ独立に水素、炭素数1~20のアルキル基、アルコキシ基およびアルキルチオ基、炭素数6~18のアリール基およびアリールオキシ基ならび※

※に炭素数4~14の複素環化合物基から選ばれた基である。)で表される基が例示される。

【0009】これらのなかでフェニレン基、置換フェニ

レン基、ビフェニレン基、置換ビフェニレン基、ナフチレン基、置換ナフチレン基、チエニレン基および置換チエニレン基が好ましい。ここで、置換基について述べると、炭素数1〜20のアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基、オクチル基、ラウリル基などであり、メチル基、ペンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基が好ましい。または炭素数1〜20のアルコキシ基としては、メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、ブトキシ基、ペンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基、ヘプチルオキシ基、ラウリルオキシ基などであり、メトキシ基、エトキシ基、ペンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基、ヘプチルオキシ基が好ましい。アルキルチオ基としては、メチルチオ基、エチルチオ基、プロピルチオ基、ブチルチオ基、ペンチルチオ基、ヘキシルチオ基、ヘプチルチオ基、オクチルチオ基、ラウリルチオ基などであり、メチルチオ基、エチルチオ基、ペンチルチオ基、ヘキシルチオ基、ヘプチルチオ基が好ましい。アリール基としては、フェニル基、4-C₁〜C₁₂アルコキシフェニル基、4-C₁〜C₁₂アルキルフェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基などが例示される。アリールオキシ基としては、フェノキシ基が例示される。複素環化合物基としては2-チエニル基、2-ピロリル基、2-フリル基、2-、3-または4-ピリジル基などが例示される。

*



〔式中Ar₁、Ar₂は前記式(1)のArから選ばれる基で、かつAr₁およびAr₂の少なくとも一方は炭素数4〜20のアルキル基、アルコキシ基またはアルキルチオ基、炭素数6〜18のアリール基またはアリールオキシ基、あるいは炭素数4〜14の複素環化合物基を1個以上有する芳香族基または複素環化合物基であり、l、mは1以上の整数、nは1以上の整数を表わし、且つ(1+m)×nは3以上の整数、0.1<l/m<1.0である。〕ここで、Ar₁またはAr₂はそれぞれの※

*【0010】これらの繰返し単位から、単独重合体とした場合の光吸収端波長のエネルギーが最大のものと最小のものとの差が0.05eV以上異なる少なくとも2種の繰返し単位を選び、共役系共重合体とすることにより、発光強度の高い有機EL素子を与える発光材料が得られる。溶剤への溶解性等、成膜性のよい共役系共重合体を得るには少なくとも1種の繰返し単位中のArが炭素数4〜20のアルキル基、アルコキシ基またはアルキルチオ基、炭素数6〜18のアリール基またはアリールオキシ基、あるいは炭素数4〜14の複素環化合物基を置換基として1個以上有する芳香族基または複素環化合物基であることが好ましい。なお、1つの共重合体を構成する繰返し単位は2種類である必要はなく、3種類以上であってもよい。

【0011】また、共重合比は共重合体を構成する少なくとも1種の繰返し単位の数が共重合体中の5〜95%の範囲内にあるのが好ましく、10〜90%の範囲内にあるのがより好ましい。また、発光材料に使用の共役系共重合体としてはランダム共重合体、ブロック共重合体、交互共重合体などがあり、いずれも好適に用いられるが、実質的に連鎖に規則性をもった下記化3で示される共役系交互共重合体が最も合成の際の構造制御が比較的容易であり、溶解性も優れているので好ましい。

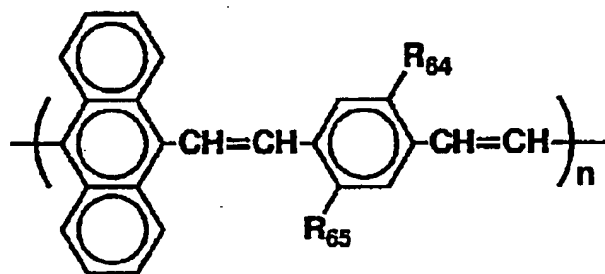
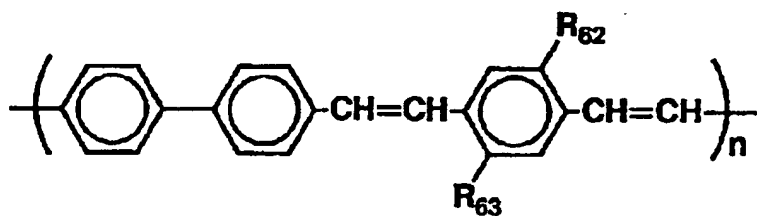
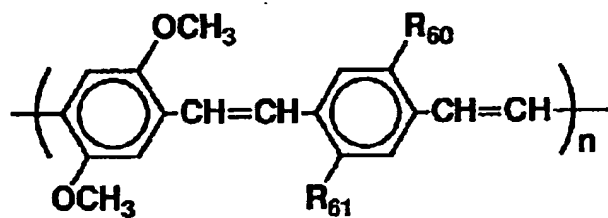
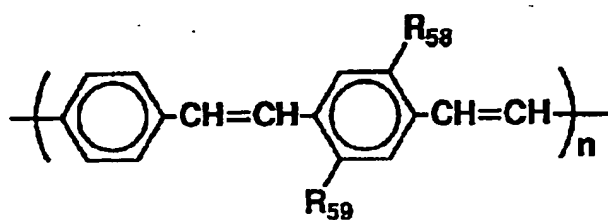
【0012】

【化3】

※繰返し単位からなる単独重合体の光吸収端波長のエネルギーの差が0.05eV以上異なる条件を満たすものを選べば良い。発光材料として好ましい交互共重合体としてはlおよびmが1のものであり、例えば下記化4、化5および化6で示す繰返し構造を有する共重合体が挙げられる。

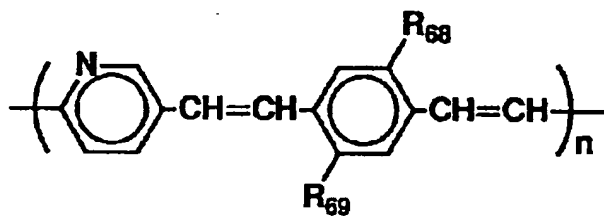
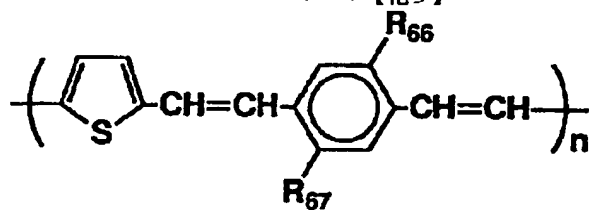
【0013】

【化4】



【0014】

* * 【化5】

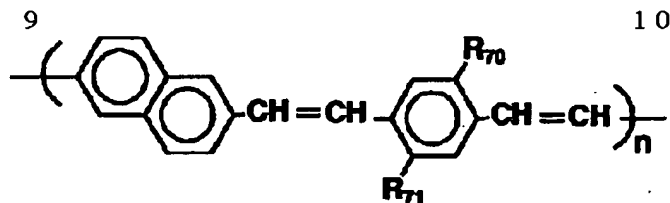


および

【0015】

※ 【化6】

※



(上記構造式中、置換基 $R_{58} \sim R_{71}$ はそれぞれ独立に炭素数4～20のアルキル基、アルコキシ基またはアルキルチオ基、炭素数6～18のアリール基またはアリールオキシ基、あるいは炭素数4～14の複素環化合物基である。)また、ランダム共重合体、ブロック共重合体等においてもこれらと同様の繰り返し単位の組み合わせが好ましい。

【0016】これらの中で、置換基 $R_{58} \sim R_{71}$ がベンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基、ベンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基、ヘプチルオキシ基、ベンチルチオ基、ヘキシルチオ基またはヘプチルチオ基であるものが特に好ましい。

【0017】本発明に使用の共役系共重合体の重合度は特に限定されず、繰り返し単位の構造によっても変わるが、成膜性の点から一般には3～10000、好ましくは5～3000、より好ましくは10～2000である。化3で示される連鎖に規則性をもった共役系共重合体において、 n は共重合体の繰り返し単位の数を表しているが、各構成単位の繰り返し数、 l 、 m の値により好ましい範囲は異なる。 $l+m$ が2の場合は、 n は5以上が良好な成膜性を有するので好ましく、一方 $l+m$ が10以上の場合、 n は1以上が良好な成膜性を有するので好ましい。

【0018】これらの有機溶媒可溶性の共役系共重合体を用いることにより、溶液から成膜する場合、この溶液を塗布後乾燥により溶媒を除去するだけでよく、また、後述する電荷輸送材料を混合した場合においても同様な手法が適用でき、製造上非常に有利である。

【0019】共役系共重合体を発光材料として用いた場合の共重合体中での発光部位は必ずしも明らかではないが、単体重合体としたときに吸収端波長のエネルギー(バンドギャップ)の小さい繰り返し単位の部分の存在が発光に寄与していると考えられ、それぞれの繰り返し単位からなるホモポリマーの吸収端波長エネルギー(バンドギャップ)の大きさの差が0.05eV以上であるものを有する共役系共重合体が好ましい。この差が0.05eV未満であると、室温程度でも熱エネルギーによってエキシトンが拡散し、発光効率が必ずしも高くないと考えられる。特に上記 Ar_1 および Ar_2 をそれぞれフェニレン基および複素環化合物基等異なる骨格の基を用いるとバンドギャップの差を大きくすることができる。

【0020】前記化3で表わされる繰り返し単位から成る共重合体の代表的なものは、アリーレンビニレン系共*

重合体であり、合成法としては特に限定されないが、例えば特開平1-254734号公報、特開平1-79217号公報等に記載されているのと同様な方法を用いて共重合体を得ることができる。すなわち、例えば相当する2種類以上のビス(ハロゲン化メチル)化合物、より具体的には、例えば、2,5-ジヘプチルオキシ-p-キシリレンジプロミドとp-キシリレンジプロミドとをキシレン/第三級ブチルアルコール混合溶媒中、第三級ブトキシカリウムを用いて共重合させる脱ハロゲン化水素法をあげることができる。この場合、通常ランダム共重合体となるが、オリゴマーを利用すればブロック共重合体も得られる。

【0021】また、相当するビス(ハロゲン化メチル)化合物、より具体的には、例えば、2,5-ジヘプチルオキシ-p-キシリレンジプロミドをN,N-ジメチルホルムアミド溶媒中、トリフェニルホスフィンと反応させてホスホニウム塩を合成し、相当するジアルデヒド化合物、より具体的には、例えば、テレフタルアルデヒドを、例えばエチルアルコール中、リチウムエトキシドを用いて重合させるWittig反応を挙げることができる。この場合、交互共重合体を得られる。 Ar_1 基(または Ar_2 基)を有するジホスホニウム塩および Ar_2 基(または Ar_1 基)を有するジアルデヒド化合物を反応させることにより、交互共重合体(化3で $l=m=1$ に該当)が得られる。勿論、 Ar_1 と Ar_2 は同一の基ではない。さらに、ホスホニウム塩またはジアルデヒド化合物のいずれか、または両方が2種類以上の化合物の混合物であれば、それらすべての共重合体を得られる。この他に、相当するスルホニウム塩をアルカリ存在下に重合させ、ついで脱スルホニウム塩処理を行うスルホニウム塩分解法などが例示される。また、これらの共役系共重合体を有機EL素子の発光材料として用いる場合、その純度が発光特性に影響を与えるため、合成後、再沈精製、クロマトグラフによる分別等の純化処理をすることが望ましい。

【0022】本発明のEL素子の構造については、少なくとも一方が透明または半透明である一対の陽極および陰極からなる電極間に設ける発光層中に前述の共役系共重合体から成る発光材料が用いられておれば、特に制限はなく、公知の構造が採用される。例えば、該共重合体からなる発光層、もしくは該共重合体と電荷輸送材料(電子輸送材料と正孔輸送材料の総称を意味する。)との混合からなる発光層の両面に一対の電極を有する構造のもの、さらに発光層と陰極の間に電子輸送材料を含有

する電子輸送層または／および発光層と陽極の間に正孔輸送材料を含む正孔輸送層を積層したものが例示される。また、発光層や電荷輸送層は1層の場合と複数の層を組み合わせる場合も本発明に含まれる。さらに、発光層に例えば下記に述べる該共役系共重合体以外の発光材料を混合使用してもよい。また、該共役系共重合体および／または電荷輸送材料を高分子化合物に分散させた層とすることもできる。

【0023】本発明に使用の共役系共重合体とともに使用される電荷輸送材料、すなわち、電子輸送材料または正孔輸送材料としては公知のものが使用でき、特に限定されないが、正孔輸送材料としてはピラゾリン誘導体、アリールアミン誘導体、スチルベン誘導体、トリフェニルジアミン誘導体等が、電子輸送材料としてはオキサジアゾール誘導体、アントラキノジメタンおよびその誘導体、ベンゾキノロンおよびその誘導体、ナフトキノロンおよびその誘導体、アントラキノロンおよびその誘導体、テトラシアノアンスラキノジメタンおよびその誘導体、フルオレノン誘導体、ジフェニルジシアノエチレンおよびその誘導体、ジフェノキノロン誘導体等が例示される。

【0024】具体的には、特開昭63-70257号、同63-175860号公報、特開平2-135359号、同2-135361号、同2-209988号、同3-37992号、同3-152184号公報に記載されているもの等が例示されるが、正孔輸送材料としてはトリフェニルジアミン誘導体、電子輸送材料としてはオキサジアゾール誘導体、ベンゾキノロンおよびその誘導体、アントラキノロンおよびその誘導体が好ましく、特に、正孔輸送材料としてはN、N'-ジフェニル-N、N'-ビス(3-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン、電子輸送材料としては2-(4-ビフェニル)-5-(4-ヒープチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール、ベンゾキノロン、アントラキノロンが好ましい。これらのうち、電子輸送性の化合物と正孔輸送性の化合物のいずれか一方、または両方を同時に使用すればよい。これらは単独で用いてもよいし、2種類以上を混合して用いてもよい。電荷輸送材料の使用量は使用する化合物の種類等によっても異なるので、十分な成膜性と発光特性を阻害しない量範囲でそれらを考慮して適宜決めればよい。

【0025】本発明で発光材料として使用する共役系共重合体と共に使用できる既知の発光材料としては特に限定されないが、例えば、ナフタレン誘導体、アントラセンおよびその誘導体、ペリレンおよびその誘導体、ポリメチン系、キサンテン系、クマリン系、シアニン系などの色素類、8-ヒドロキシキノリンおよびその誘導体の金属錯体、芳香族アミン、テトラフェニルシクロペンタジエンおよびその誘導体、テトラフェニルブタジエンおよびその誘導体などを用いることができる。具体的には、例えば特開昭57-51781号、同59-194

393号公報に記載されているもの等、公知のものが使用可能である。

【0026】つぎに、本発明の有機EL素子の代表的な作製方法について述べる。陽極および陰極からなる一対の電極で、透明または半透明な電極としては、ガラス、透明プラスチック等の透明基板の上に、透明または半透明の電極を形成したものが用いられる。陽極の材料としては、導電性の金属酸化物膜、半透明の金属薄膜等が用いられる。具体的にはインジウム・スズ・オキサイド(ITO)、酸化スズ(NESA)、Au、Pt、Ag、Cu等が用いられる。作製方法としては真空蒸着法、スパッタリング法、メッキ法などが用いられる。

【0027】次いで、この陽極上に発光材料として上記共役系共重合体、または該共役系共重合体と電荷輸送材料を含む発光層を形成する。形成方法としてはこれら材料の溶液または混合液を使用してスピンコーティング法、キャストリング法、ディッピング法、バーコート法、ロールコート法等の塗布法または真空蒸着法が例示されるが、溶液または混合液をスピンコーティング法、キャストリング法、ディッピング法、バーコート法、ロールコート法等の塗布法により成膜するのが特に好ましい。

【0028】発光層の膜厚としては5Å~10μm、好ましくは10Å~1μmである。電流密度を上げて発光効率を上げるためには100~5000Åの範囲が好ましい。なお、塗布法により薄膜化した場合には、溶媒を除去するため、減圧下あるいは不活性雰囲気下、30~200℃、好ましくは60~100℃の温度で熱処理することが望ましい。

【0029】また、別の態様である発光層と電荷輸送層(正孔輸送層および電子輸送層の総称を意味する。)を積層する場合には、上記の成膜方法で発光層を設ける前に陽極の上に正孔輸送層を形成する、および／あるいは発光層を設けた後にその上に電子輸送層を形成する。

【0030】電荷輸送層の成膜方法としては、特に限定されないが、粉末状態からの真空蒸着法、あるいは溶液に溶かした後のスピンコーティング法、キャストリング法、ディッピング法、バーコート法、ロールコート法等の塗布法、あるいは高分子化合物と電荷輸送材料とを溶液状態または熔融状態で混合し分散させた後のスピンコーティング法、キャストリング法、ディッピング法、バーコート法、ロールコート法等の塗布法を用いることができる。混合する高分子化合物としては、特に限定されないが、電荷輸送を極度に阻害しないものが好ましく、また、可視光に対する吸収が強いものが好適に用いられる。

【0031】例えば、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、ポリアニリン及びその誘導体、ポリチオフェン及びその誘導体、ポリ(p-フェニレンビニレン)及びその誘導体、ポリ(2,5-チエニレンビニレン)及びそ

の誘導体、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリメチルアクリレート、ポリメチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリシロキサンなどが例示される。製膜が容易に行なえるという点では、塗布法を用いることが好ましい。

【0032】電荷輸送層の膜厚は、少なくともピンホールが発生しないような厚みが必要であるが、あまり厚いと、素子の抵抗が増加し、高い駆動電圧が必要となり好ましくない。したがって、電荷輸送層の膜厚は5Å~10μm、好ましくは10Å~1μm、さらに好ましくは10

50~2000Åである。

【0033】次いで、発光層または電子輸送層の上に電極を設ける。この電極は電子注入陰極となる。その材料としては、特に限定されないが、イオン化エネルギーの小さい材料が好ましい。例えば、Al、In、Mg、Mg-Ag合金、In-Ag合金、Mg-In合金、グラファイト薄膜等が用いられる。陰極の作製方法としては真空蒸着法、スパッタリング法等が用いられる。

【0034】

【作用】本発明において、共役系共重合体が発光材料として優れている点は、融点や分解温度が比較的高いので熱的に安定で、また塗布法により容易に均一性に優れた発光層を形成できることから、駆動電圧が低く、高輝度の素子を作製することができる点である。

【0035】

【実施例】以下本発明の実施例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0036】実施例1

＜共重合体の合成＞2，5-ジヘプチルオキシ-p-キシリレンジプロミドを、N，N-ジメチルホルムアミド溶媒中、トリフェニルホスフィンと反応させてホスホニウム塩を合成した。このホスホニウム塩14.8gとテレフタルアルデヒド2.0gを、エチルアルコール100gに溶解させた。これとは別にリチウム0.24gをエチルアルコール70gと反応させてリチウムエトキシドを得た。このリチウムエトキシドをホスホニウム塩とテレフタルアルデヒドのエチルアルコール溶液に滴下し、室温でWittig反応で重合させた。沈殿を濾別し、エチルアルコールで洗浄後、乾燥して、2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレンとp-フェニレンビニレンの交互共重合体3.0gを得た。

【0037】＜素子の作成＞スパッタリングによって、200Åの厚みでITO膜を付けたガラス基板に、2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレンとp-フェニレンビニレンの交互共重合体の0.65wt%クロロホルム溶液を用い、スピンコートにより3100Åの厚みで成膜した。次いで、これを減圧下60℃で1時間乾燥した後、その上に陰極として、インジウムを3000Å蒸着して、有機EL素子を作成した。蒸着のときの真空度は 3×10^{-6} Torr以下であった。この素子

に電圧26.7Vを印加したところ、電流密度49.2mA/cm²の電流が流れ、輝度144cd/m²の黄緑色のEL発光が観察された。輝度は電流密度に比例していた。また20cd/m²の輝度にするための電圧は24.6Vであった。なお、公知の方法で製造した上記それぞれの繰返し単位からなる単独重合体のUV吸収スペクトルの吸収端波長より求めたバンドギャップは、ポリ(2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレン)が2.12eV、ポリ(p-フェニレンビニレン)が2.42eVであり、その差は0.30eVであった。

【0038】実施例2

実施例1で使用する交互共重合体に電子輸送材料として2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾールを5wt%混合して発光層を設けた以外は実施例1と同じ方法で有機EL素子を作成した。発光層の厚さは1370Åであった。この素子に電圧16.7Vを印加したところ、電流密度253.9mA/cm²の電流が流れ、輝度237cd/m²の黄緑色のEL発光が観察された。輝度は電流密度に比例していた。また20cd/m²の輝度にするための電圧は15.4Vであった。

【0039】比較例1

＜ポリ(2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレン)の合成＞特開平1-79217号公報の実施例5に記載の方法に従い、2，5-ジヘプチルオキシ-p-キシリレンジプロミドをtert-ブチルカリウムで縮重合してポリ(2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレン)(HO-PPV)を得た。

【0040】＜素子の作成＞2，5-ジヘプチルオキシ-p-フェニレンビニレンとp-フェニレンビニレンの交互共重合体の代わりにHO-PPVを用い、溶媒としてクロロホルムとトルエンの混合溶媒(重量比3/2)を用いた以外は実施例1と同じ方法で有機EL素子を作成した。発光層の厚さは980Åであった。この素子に電圧33.3Vを印加したところ、電流密度617.0mA/cm²の電流が流れたが、輝度26cd/m²のオレンジ色のEL発光が観察されただけであった。輝度は電流密度に比例していた。また20cd/m²の輝度にするための電圧は32.9Vであった。

【0041】比較例2

＜ポリ(p-フェニレンビニレン)中間体の合成＞特開平2-32121号公報の実施例2記載の方法で、ポリ(p-フェニレンビニレン)(PPV)中間体のCl-塩のメタノール溶液を得た。

【0042】＜素子の作成＞PPV中間体の0.22wt%メタノール溶液を用い、スピンコートにより成膜し、次いで減圧下200℃で2時間熱処理を行ってPPV薄膜を成膜し、発光層とした。この層の厚さは1500Åであった。その上に陰極として、アルミニウムを1

000Å蒸着して有機EL素子を作成した。蒸着のときの真空度は 3×10^{-6} Torr以下であった。この素子に電圧28.0Vを印加したところ、電流密度18.1mA/cm²の電流が流れたが、輝度0.92cd/m²の黄緑色のEL発光が観察されただけであった。輝度は電流密度にほぼ比例していた。また、電圧を上げると絶縁破壊のため20cd/m²の輝度にすることができ

なかった。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の共役系共重合体を発光材料として用いた有機EL素子は、従来のものと比較して低電圧駆動で、しかも輝度が向上しており、バックライトとしての面状光源、フラットパネルディスプレイ等の装置としての使用が可能である。